

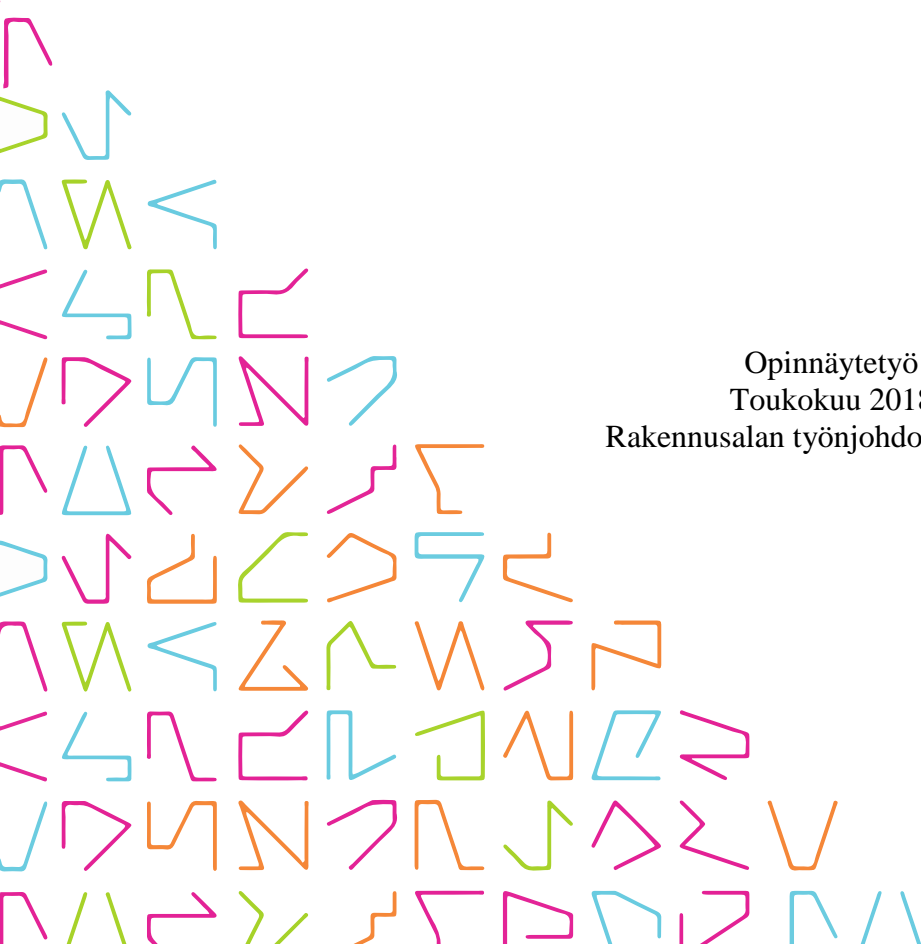


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# Kaivumaiden hallinta

Aki Kallinen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2018  
Rakennusalan työnjohdon koulutus



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon koulutus

KALLINEN, AKI:  
Kaivumaiden hallinta

Opinnäytetyö 23 sivua  
Toukokuu 2018

---

Opinnäytetyön tarve tuli Pielisen Maanrakennuksen huomioista infrahankkeissa. Yrityksessä oli huomioitu haasteet ja mahdollisuudet ylijäämämaiden käsittelyssä. Heillä ei ollut selkeää ohjetta kaivumaiden läjityksestä eikä kaivumaiden hyödyntämisestä työkohteissa. Opinnäytetyön tarkoituksena muodostui näiden puutteellisten tietojen ja ohjeiden paikkaaminen. Tavoitteeksi asetettiin etsiä jokaiselle maalajille mahdollisimman taloudellinen ja ympäristöystävällinen käsittelymenetelmä.

Kaivumaiden käsittelystä ja niiden käsittelyn luvanvaraisuudesta saatiin koottua ohje, joka selkeyttää kaivumaiden hallintaa sekä antaa ohjeita ylijäämämaiden tehokkaampaan hyödyntämiseen työkohteessa.

Kaivumaiden hallinta tarkoittaa jokaisella työmaalla eri toimenpiteitä eikä ylijäämämaiden hyötykäyttö rakennushankkeessa aina ole mahdollista. Hyötykäytön määrää voidaan lisätä suunnitelmallisella toiminnalla. Kaivumaiden hyödyntämiseen tulee käyttää aikaa sekä vaivaa, jotta päästään taloudellisesti kannattavaan lopputulokseen.

---

Asiasanat: kaivumaat, ylijäämämaat, hyödyntäminen, maankaatopaikka

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction site Management

KALLINEN, AKI:  
Spoil management on site

Bachelor's thesis 23  
May 2018

---

The necessity for the thesis came from the company called Pielisen Maanrakennus Ltd. They had noticed challenges and opportunities with the spoil. They did not have clear instructions on how to reuse spoil on site. The purpose of the thesis was to replace these incomplete information and instructions. The goal was to find the most cost-effective and environmentally friendly method for each soil type of spoil.

A handbook of spoil management was created, which clarifies the laws and the rules of spoil handling and provides guidelines on how to reuse spoil more efficiently on site

The management of spoil varies on each site and the utilization of spoil in the construction project is not always possible. The amount of reuse can be increased by systemic action. Time and effort must be spent, to reach a cost-effective outcome.

---

spoil, moraine, reuse, landfill

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	Maaperä .....	7
	2.1.1 Geo-luokitus .....	8
	2.1.2 Eurokoodi-luokitus.....	9
3	Kaivumaat .....	11
	3.1.1 Kaivuumaan jäteluonne.....	11
	3.2 Pilaantumaton maa-aines .....	11
	3.3 Maankaatopaikat .....	12
4	Toimenpiteet ylijäämämaiden kanssa.....	13
	4.1 Lajittelu .....	14
	4.2 Pintamaan käsittely .....	14
	4.3 Eloperäisten maa-ainesten käsittely.....	15
	4.4 Hienojakoisten maa-ainesten käsittely.....	16
	4.4.1 Massastabilointi .....	16
	4.5 Karkeajakoisten maa-ainesten käsittely.....	17
	4.6 Moreenilajikkeiden käsittely.....	17
	4.6.1 Rakeisuuden muuttaminen .....	18
5	POHDINTA.....	22
	LÄHTEET.....	23

## ERITYISSANASTO

Allu	maa-ainesten käsittelylaitteiden valmistaja, mm. seulakauhat
multavex	seulakauhojen valmistaja
routiminen	maan muodonmuutos tai ominaisuuksien heikkeneminen
routaantuminen	maassa olevan veden jäätyminen

# 1 JOHDANTO

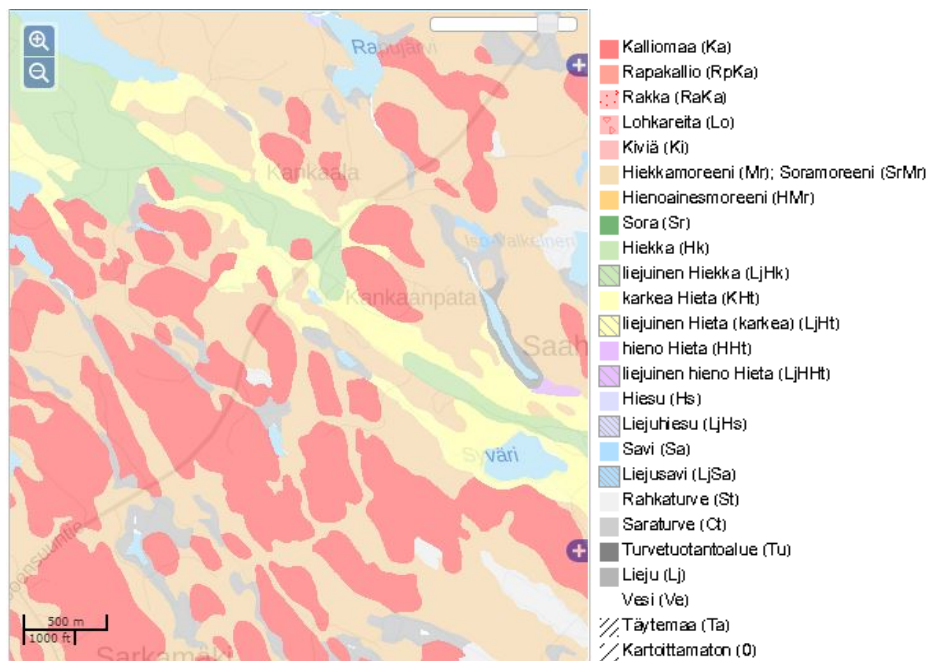
Opinnäytetyön aiheena on työmaalla olevien luonnonmukaisten materiaalien hyötykäytön tehostaminen. Tämä opinnäytetyö on tehty Pielisen Maanrakennus Oy:lle. Tässä raportissa on tutkittu, kuinka työmailla syntyvien kaivuumaiden uusiokäyttöä työmailla voidaan lisätä. Kaivuumaiden uusiokäytön tehostamisen syyt ovat taloudellisia ja ympäristöllisiä.

Raportissa käsitellään kaivuumaiden käytön tehostamisen menetelmiä, massastabilointia sekä ylijäämämaiden loppusijoitusta maankaatopaikoille. Rakennusjätteet kuten asfaltti, betoni ja tiili on rajattu työn ulkopuolelle. Ohjetta voidaan soveltaa rakennustyömailla ja liikennealueiden rakentamisessa. Pielisen Maanrakennus oy harjoittaa liiketoimintaa pääasiallisesti Itä-Suomen alueella, joten myös tässä raportissa asiat käsitellään Itä-Suomen maaperän ja siellä käytettävien yleistyneiden toimintatapojen kannalta.

## 2 Maaperä

Suomen maaperä koostuu maalajeista: moreenista, kivistä, lohkareista, sorasta, hiekasta, siltistä ja savesta sekä eloperäisistä aineksista lieju ja turve. Näiden irtaimien maalajien alla on kallioperä. Maaperän paksuus vaihtelee pintaan asti ulottuvasta kallioperästä aina 100 metrin paksuiseen maaperään. Suomen maaperän yleisin maalaji on moreeni, jota esiintyy kaikkialla suomessa. Suomen maaperän lajikkeiden vaihtelu alueellisesti on merkittävää. Yleistäin voidaan kuitenkin sanoa Pohjois- ja Keski-Suomen olevan pääosin moreenipeitteinen, kun taas Etelä-Suomesta Salpausselän alueelta löytyy puolet Suomen hiekka- ja soravarannoista. (Geologian tutkimuskeskus, n.d)

Hankkeiden yhteydessä kannattaa perehtyä geologisentutkimuskeskuksen tarjoamaan maaperäkartoitukseen. Maaperäkartassa on esitetty alue Leppävirran kohdalta valtatie 23:lla (kuvio 1). Alueelle on tulossa valtatieparannushanke. Kuviosta selviää alueella olevan runsaasti pintakalliota, hiekkamoreenia, karkeata hietaa ja hiekkaa. Hankkeiden yhteydessä tehdään tietysti tarkempi pohjatutkimus, mutta tämä antaa hyvän yleiskuvan alueen maaperästä.



Kuvio 1. Maaperä kartta, vt 23 Leppävirta (GTK, Hakku-palvelu)

### 2.1.1 Geo-luokitus

Suomessa rakennusallalla on maalajien luokituksessa käytössä geotekninen maalajiluokitus, joka on otettu käyttöön 1974. Maaperän maa-ainesten geotekninen maalajiluokitus perustuu niiden syntytapaan, humuspitoisuuteen ja mineraalirakeiden kokoon. Maalajit jaetaan maalajiryhmiin (taulukko 1.) eloperäiset-, hienorakeiset-, karkearakeiset- ja moreenimaalajit.

Maalajiryhmä	Lyhennys	Ominaisuudet
Eloperäiset maalajit	E	Maalaji koostuu pääasiallisesti eloperäisestä aineksesta tai sisältää eloperäistä ainesta > 20 paino-%
Hienorakeiset maalajit	H	Lajittuneet hienorakeiset maalajit Hienoainepitoisuus ( $\leq 0,06$ mm) $\geq 50$ % Humuspitoisuus $\leq 20$ paino-%
Karkearakeiset maalajit	K	Lajittuneet karkearakeiset maalajit Hienoainepitoisuus < 50 %
Moreenimaalajit	M	Lajittumattomat, useita eri lajitteita sisältävät maalajit

Taulukko 1. Geotekninen maalajiluokitus, maalajiryhmät (Ronkainen, 2012)

Maalajiryhmien alla maalajit luokitellaan niiden rakeisuuspitoisuuksien mukaan (taulukko 2). Maalajille annetaan lisänimi, jos sen rakeisuusluokan pitoisuus on yli 30%. Esimerkiksi hiekkainen soramoreeni. Hankkeiden yhteydessä saattaa vielä törmätä ihmisten puheissa sekä asiakirjoissa hiesuun (Hs) ja hietaan (Ht), jotka ovat rakennusteknisen maalajiluokituksen mukaisia lajikkeita, joiden raisuus on välillä 0,002-0,2 mm. Nämä rakeisuudet yltävät geo-luokituksessa siltistä hienoon hiekkaan.

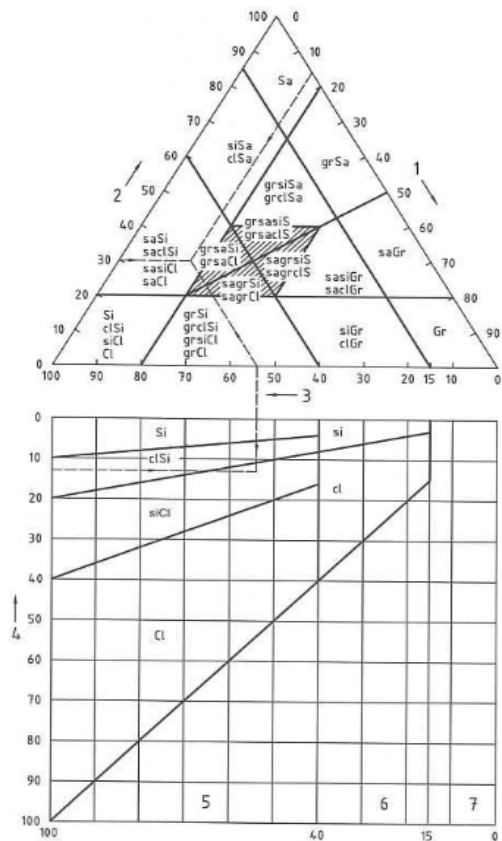
Maalajiryhmä	Maalaji	Lyhennys	Lajitepitoisuus, paino-%			Raekoko $d_{50}$ , mm
			Savi	Hienoaines	Sora	
Eloperäiset maalajit	Turve	Tv				
	Lieju	Lj				
Hienorakeiset maalajit	Savi	Sa	$\geq 30$			
	Siltti	Si	<30	$\geq 50$	< 5	$\leq 0,06$
Karkearakeiset maalajit	Hiekka	Hk		< 50	$\leq 50$	> 0,06...2
	Sora	Sr		< 5	> 50	> 2...60
Moreenimaalajit	Silttimoreeni	SiMr		$\geq 50$	$\geq 5$	$\leq 0,06$
	Hiekkamoreeni	HkMr		5...50	5...50	> 0,06...2
	Soramoreeni	SrMr		$\geq 5$	> 50	> 2

Taulukko 2. Geotekninen maalajiluokitus, maalajit (Ronkainen, 2012)



### 2.1.2 Eurokoodi-luokitus

Maalajiluokitukseen on jo olemassa yhtenäisestetty eurooppalainen standardi EN ISO 14688-2. Tämän standardin vaihtuminen vallitsevaksi käytännöksi vie kuitenkin aikansa. Standardin yksityiskohtiin ja soveltamiseen tulee perehtyä ja se löytyy SFS-käsikirjasta 179-1. Uuden EN ISO 14688-2 standardin maalajiluokituksessa maalaji tunnistetaan kuvion 1. kolmiolta lajitepitoisuuksien perusteella. Hienorakeiset maalajit luokitellaan niiden plastisuusominaisuuksien perusteella.



Kuvio 1. EN ISO 14688-2 maalajiluokitus (Myllykoski, 2014)

Eurooppalaisessa standardissa maalajien raekoot ovat käytännössä samat kuin GEO-luokituksessa. Uuden luokituksen maalajitunnukset tulevat englannin kielisistä sanoista boulder (Br), cobble (Co), gravel (Gr), sand (Sa), Silt (Si) ja Clay (Cl). Maalajitteiden raekokoa luokan sisällä kuvaamaan annetaan lisänimet Coarse (C), Medium (M) ja Fine (F). Sekaannuksen välttämiseksi on hyvä huomioida että Geo- ja ISO-luokituksella on kaksi samanlaista lyhennettä maalajeille. ISO-tunnus Sa ei kuitenkaan tarkoita savea vaan hiekkaa, Sand. Toinen yhteinen tunnus Si tarkoittaa molemmissa luokituksissa Silttiä.

Moreenia eurooppalainen luokitus ei tunne vaan sen tyyppiset sekalajitteiset maalajit nimetään käyttäen useita lisänimiä.

Maalajitteet	Alalajitteet	Tunnukset	Raekoot (mm)
Hyvin karkea maa	Suuret lohkareet	LBo	> 630
	Lohkareet	Bo	> 200...630
	Kivet	Co	> 63...200
Karkea maa	Sora	Gr	> 2,0...63
	Karkea sora	CGr	> 20...63
	Keskisora	MGr	> 6,3...20
	Hieno sora	FGr	> 2,0...6,3
	Hiekka	Sa	> 0,063...2,0
	Karkea hiekka	CSa	> 0,63...2
Hieno maa	Keskihiekka	MSa	> 0,2...0,63
	Hieno hiekka	FSa	> 0,063...0,2
	Siltti	Si	> 0,002...0,063
	Karkea siltti	CSi	> 0,02...0,063
	Keskisiltti	MSi	> 0,0063...0,02
	Hieno siltti	FSi	> 0,002...0,0063
	Savi	CI	> 0,002

Taulukko 3 EN ISO 14688-2 lajikkeiden rakeisuus ja tunnukset. (Ronkainen 2012)

### **3 Kaivumaat**

Kaivumailla tarkoitetaan rakentamishankkeen yhteydessä maaperästä irrotettua maa-ainesta. Kaivumaihin ei sovelleta maa-ainelakia 555/1981, koska toimenpide perustuu viranomaisen hyväksymään suunnitelmaan. Kaivumaiden hyödyntäminen rakennuskohteessa ei edellytä CE-merkintää (Liikennevirasto, Rakennustuotteiden CE-merkintä opas 2013). Tilaajan rakenteelle edellyttämien vaatimusten tulee täyttyä ja ne tulee todistaa.

#### **3.1.1 Kaivuumaan jäteluonne**

Kaivumaihin ei sovelleta jätelakia, kun

1. kaivettu maa-aines on pilaantumaton
2. jatkokäyttö on varmaa
3. käyttö on suunnitelmallista
4. se käytetään sellaisenaan ilman muuntamistoimia.

Jatkokäytön varmuuden osoituksena pidetään, että maat käytetään vuoden sisällä. Maille tulee olla todellinen tarve, josta on olemassa suunnitelma. Ylijäämämaiden vastaanottajan ei tulisi saada korvausta maiden vastaanottamisesta, koska tämä on selvä merkki todellisen tarpeen toissijaisuudesta. Mekaaniset menetelmät kuten murskaus ja seulonta eivät ole muuntamistoimia. Muuntamistoimet ovat kemiallisia menetelmiä parantaa maa-aineksen ominaisuuksia. Kaikki yllä mainituista tulee täyttyä tai kaivuumaita käsitellään jätteenä ja näin ollen maiden suunnittelemanon läjittäminen rinnastetaan maankaatopaikakatoiminnaksi. Pilaantuneet jätemaat toimitetaan kaatopaikalle, käsittelylaitoksiin tai maa-ainekset puhdistetaan alueella. Pilaantuneiden maiden käsittelystä ohjaa ympäristönsuojelulaki. Pilaantumattomat jätemaat toimitetaan maankaatopaikalle. (Ympäristöministeriön ympäristösuojeluosaston muistio 2015)

#### **3.2 Pilaantumaton maa-aines**

Pilaantumattomia maa-aineita ovat:

- Kaivettu maa-aines, jonka edustavat haitta-ainepitoisuudet alittavat VNA 214/2007 mukaiset kynnysarvot.
- Kaivettu maa-aines, joka on luonnontilaista tai joka ei sisällä haitallisia aineita siten, että siitä voi aiheutua ympäristön pilaantumista tai vaaraa sen käyttö- tai sijoituspaikassa.

Erityisesti toiminnassa olevat ja vanhat teollisuus- ja varastoalueet, jätteenkäsittelyalueet, satamat, ratapihat, jakeluasemat, ampumaradat ovat riskiarvioinnin yläpäässä, kun mietitään maaperän mahdollista pilaantumista. Kaikessa kaivuumaiden käsittelyssä tulee suorittaa aistinvaraista tarkkailua. Epäiltäessä maaperän pilaantumista tulee siitä ilmoittaa viipymättä kunnan ympäristönsuojelusta vastaavalle viranomaiselle. Maaperän pilaantumisen maksaa sen aiheuttanut taho. (YSL 527/2014, Ympäristöministeriön ympäristösuojeluosaston muistio 2015).

### **3.3 Maankaatopaikat**

Maankaatopaikat ovat pilaantumattoman ylijäämämaiden eli maajätteen loppusijoitukseen tarkoitettuja maa-alueita. Maankaatopaikkaan, johon sijoitetaan vain pilaantumattomaa maa-ainesjätettä, ei sovelleta kaatopaikka-asetusta VNA331/2013. Maankaatopaikoille toimitetaan Suomessa vuosittain ylijäämämaata arviolta 20-30 miljoonaa tonnia, josta pääkaupunkiseudun osuus on arviolta 4 miljoonaa tonnia. Maankaatopaikat ovat ympäristöluvanvaraisia, luvan myöntää aluehallintovirasto yli 50 000 tonnia vuodessa sijoitettavalle alueelle ja kunta myöntää luvan maankaatopaikalle johon sijoitetaan alle 50 000 tonnia ylijäämämaita vuodessa. (Nurminen, 2017)

Maankaatopaikkojen yhteiskunnallinen merkitys on niiden käytön aikaista. Alueiden tulee olla mahdollisimman lähellä ylijäämämaiden syntypaikkaa, kuljetuskustannusten minimoimiseksi. Maankaatopaikan tullessa täyteen on alueen käyttäminen muuhun tarkoitukseen haastavaa. Alueelle ei voi rakentaa kiinteitä rakennuksia eikä liikenneväyliä. Virkistyskäyttöön rakentaminen on yksi mahdollisista loppukäyttötarkoituksista. Maankaatopaikkojen lopullisen käyttötarkoituksen takia niiden perustaminen erityisesti suurten asutusalueiden viereen on ongelmallista.

#### 4 Toimenpiteet ylijäämämaiden kanssa

Ylijäämämaiden hyötykäyttöön saattaminen on taloudellisesti ja ympäristöllisesti merkittävä haaste. Maankaatopaikoille toimitettavien maa-ainesten ympäristökuormitus on huomattavasti suurempaa kuin jos ne voitaisiin hyödyntää rakennuspaikalla tai muilla rakennustyömailla lähialueilla. Taloudellista kannattavuutta laskiessa yksinkertaisena ohjeena voidaan pitää, että materiaalien käsittelemisen kustannus saa olla kaivuumaan poiston ja hankittavan uuden rakennusmateriaalin kustannusten summa.

Ympäristöministeriö on selvittänyt 2000-luvulla HUUMA-projektissaan heikkolaatuisten luonnonmateriaalien hyötykäytön tehostamista. Taulukossa 4. ovat Korkiala-Tanttu (2008, 16) arvioineet erilaatuisille ylijäämämaille soveltuvia käsittelymenetelmiä. Taulukon materiaaleista moreenit, hienorakeiset ja eloperäiset ylijäämämaat ovat edustavat suurinta osaa maankaatopaikoille toimitettavista maalajeista.

Materiaali	Ominaisuus, johon yritetään vaikuttaa	Menetelmät
vesipitoiset ylijäämämaat	huono tiivistyminen, olosuhdeherkkyys, routivuus, painumat	kuivatusmenetelmät, stabilointi
hienorakeiset ja eloperäiset ylijäämämaat	huono tiivistyminen, olosuhdeherkkyys, routivuus, painumat	stabiloinnit
moreenit*	olosuhdeherkkyys, routivuus, painumat	murskaus, seulonta, sekoitus, käsittelyaineet, pelletointi
teollisuuden sivutuotteet	laadun vaihtelu (ajallisesti, paikallisesti, tuotantolaitoskohtaisesti)	homogenisointi, lajittelu, reseptointi, seostaminen, stabilointi, lisäaineet, murskaus, seulonta, kuivatus
vanhat maarakenne-materiaalit		käyttö sellaisenaan jalostaminen alkuperäisellä paikalla materiaalin siirtäminen ja jalostaminen muualla mekaaninen käsittely + stabilointi
pilaantuneet maat	päästöjen ehkäisy	haitta-aineiden poisto pesulla (märkäeroitus), huokoskaasukäsittelyllä, biologisella tai termisellä käsittelyllä seulonta, murskaus stabilointi ja kiinteytys (sitovat haitta-aineet ja parantaa materiaalin ominaisuuksia)

Taulukko 4. Maa-ainesten käsittelymenetelmät (Korkiala-Tanttu ym. 2008)

## 4.1 Lajittelu

Maa-ainesten lajittelu kaivun yhteydessä on ensisijaisen tärkeää. Lajittelusuunnitelma tulee olla tehtynä ennen töiden aloitusta. Suunnitelman tulee perustua työmaan maaperätutkimuksiin tai arvioon maaperän laadusta. Suunnittelussa huomioidaan mitä maa-aineksia aiotaan hyödyntää paikalla, mitä voidaan toimittaa toiselle työmaalle hyötykäyttöön ja lopuksi mitä joudutaan toimittamaan maankaatopaikalle. Kaivuumaisten lajittelu suoritetaan kaivun yhteydessä. Kaivuumaista erotellaan aina pintamaakerros, olemassa olevat rakennekerrokset, pilaantuneet maa-ainekset ja GEO-luokituksen mukaiset maalajiryhmät: eloperäiset, hienojakoiset, karkeajakoiset sekä moreenilajikkeet. Maa-ainesten joukkoon ei saa joutua muita rakennusjätteitä siten, että se aiheuttaa roskaantumista tai vaarantaa ympäristöä.

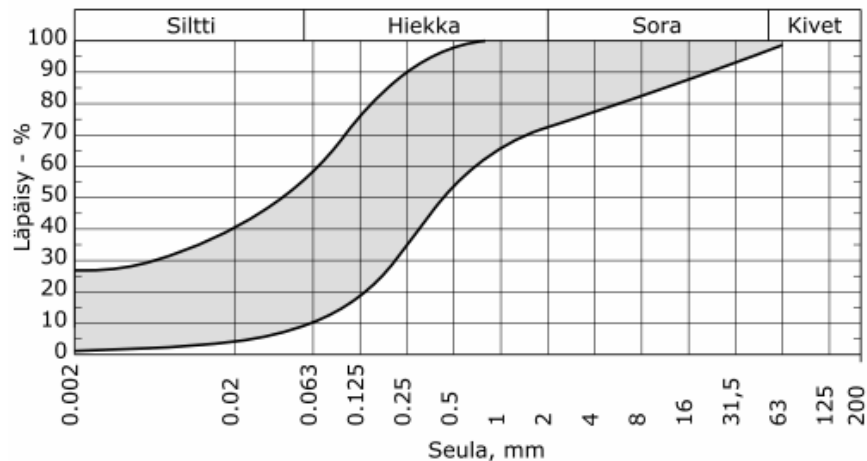
## 4.2 Pintamaan käsittely

Pintamaan poisto tarkoittaa aluskasvillisuuden, pintamaan, mättäiden, kantojen ja kivien poistoa kivennäismaan päältä. Kauhalla helposti eroteltavat yli 0,3m kivet ja kannot erotellaan muusta eloperäisestä massasta kasauksen yhteydessä. Pintamaa soveltuu paikalla tehtävän kasvualustan 2. luokkaan yleensä pelkällä seulonnalla joka voidaan suorittaa kaivinkoneen seulakauhalla. Seulonta tulee suorittaa murskaavalla seulakauhalla oksien ja muun puuaineksen murskaamiseksi. 2 luokan kasvualustoja käytetään taajama-alueiden ulkopuolisissa tieympäristöissä. (InfraRYL, 2006)



Kuva 1. Kasvualustan seulontaa seulakauhalla (Allu, 2016)

Kuviossa 2. on esitetty kasvualustan rakeisuusvaatimus. Rakeisuuskäyrän ohjealue on varsin laaja eikä näin ollen tuota suurta haastetta toteuttaa. Pintamaahan voidaan lisätä kivennäismaaleja sekä turvetta ohjealueen puitteissa, mikäli niitä on helposti saatavissa ja kasvualustan tarve on suurempi.



Kuvio 2. Kasvualustaksi käytettävän perusmaan rakeisuusvaatimukset (InfraRYL, 2006)

Pintamaan yhteydessä kerätyt kannot ovat jätelain 646/2011 määritelmän mukaan jätettä, joka voidaan hyödyntää energiaksi ilman jätteen hyödyntämistoimintaa koskevaa ympäristölupaa (Ympäristöministeriön ympäristösuojeluosaston muistio 2015). Kantoja ja oksia ei saa haudata maahan vaan ne kerätään kasoihin tienvarteen, josta ne noudetaan jatkokäsittelyyn.

### 4.3 Eloperäisten maa-ainesten käsittely

Eloperäisiä maa-aineksia turvetta ja liejua voidaan hyödyntää pintamaiden tapaan kasvualustoissa sekä meluvalleissa. Meluvalleissa turpeen käytön etuna on keveys sekä routimattomuus. Hyvälaatuiselle turpeelle, jonka maatumisaste on korkea, löytyy yleensä vastaanottaja. Turvetta voidaan käyttää myös tiivistysrakenteena kaatopaikoilla sekä muissa pohjarakenteissa, joissa tavoitteena on estää haitallisten liukenevien yhdisteiden leviäminen ympäristöön (VAPO). Suurissa turpeen ja liejun massanvaihdossa on syytä tehdä vertailulaskelma stabilointimenetelmälle välttääksemme suuret massat ylijäämämaata, jolle ei ole sijoituspaikkaa lähellä.

#### 4.4 Hienojakoisten maa-ainesten käsittely

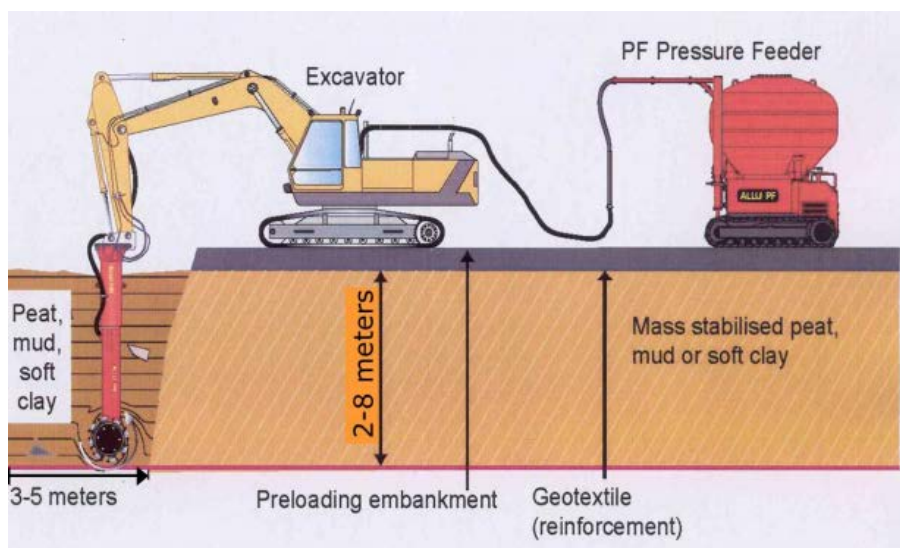
Hienojakoiset maa-ainekset savi ja siltti ovat niiden jatkokäytön kannalta haastavia. Näiden maa-ainesten käsittely on ongelmallista, niiden raekoon ollessa alle 0,06 millimetriä on ominaisuutena pidättää vettä runsaasti. Savea voidaan käyttää tiivistykseen maapatojen sydämenä.

Silttiä ja savea ei yleensä voi käyttää pengermateriaalina muulloin kuin erityisen suotuisissa ja kuivissa olosuhteissa. Materiaali soveltuu vastapenkeisiin ja ns. voileipä rakenteeseen mitoitusroudansyvyyden alapuolella. Pengerrakenne on yleensä verhottava välittömästi pintaeroosion ja valumisten estämiseksi. (InfraRyl, 2006)

Suuret massanvaihdot, joissa hienojakoisia ylijäämämaita syntyy runsaasti, tulee harkita tehtäväksi toisin menetelmin.

##### 4.4.1 Massastabilointi

Massastabilointimenetelmästä, joka on kehitetty suomessa 90-luvulla, on saatu hyviä kokemuksia ja on kehittynyt 2000-luvulla kustannustehokkaaksi vaihtoehdoksi. Massastabilointi on kehitetty pehmeiden maiden lujittamiseen. Kaivinkoneen lisälaitteeksi asennetaan ns. sekoitussauva, johon syötetään sideainetta erillisestä säiliöstä (kuva 2). Sideaineena käytetään yleensä sementtiä tai sementti-kalkkisekoituksia.



Kuva 2. Massastabiloinnin periaate. (Forsman ym. 2014)



Tällä menetelmällä voidaan käsitellä turve, lieju, savi ja siltti kerrostumia. Työsaavutukset vaihtelevat välillä 50-150 m<sup>3</sup>/h, johon vaikuttaa maa-aineksen sekoitettavuus, sideaineen määrä ja olosuhteet. Erityisesti sitkeät savet ja siltit laskevat työsaavutusta. Turve ja lieju alueilla hidasteena on stabilointiyksikön eteneminen. Stabiloinnissa on järkevää käyttää tela-alustaista kaivinkonetta, jonka työpaino tulee olla vähintään 30 tonnia. Stabiloinnin työsaavutus 100 m<sup>3</sup>/h on varsin korkea, kun huomioon otetaan, että siinä välteään kaksi työvaihetta maankaivuu ja uuden materiaalin vastaanottaminen. Massastabiloinnin tavoitelujuus saavutetaan 1-3 kuukaudessa (Forsman, Jyrävä, Lahtinen, Niemelin ja Hyvönen, 2014).

#### **4.5 Karkeajakoisten maa-ainesten käsittely**

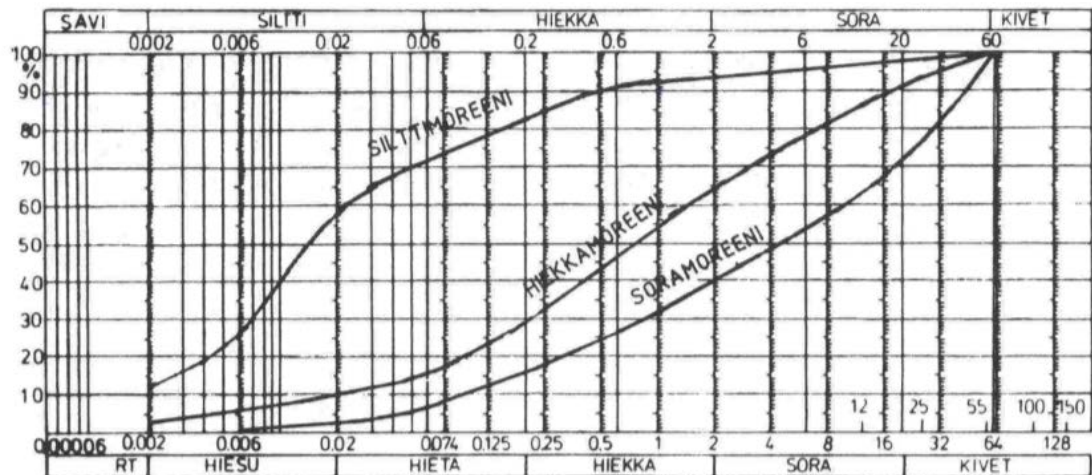
Hiekka ja sora ovat suoraan käytettävissä rakenteisiin, kunhan vain rakenteen vaatimusten mukaisuus täyttyy. Käytettäviä rakenteita ovat mm. penkereet, suodatinrakenteet, jatkavat kerrokset. Työmaalla voidaan ylijäämä sorat myös murskata ja tehdä soramurskelajikkeita. Murskatut tai seulotut lajikkeet, jotka lasketaan rakennustuotteiksi, tulee CE-merkitä. CE-merkintää ei kuitenkaan tarvita, jos tuotetta ei lasketa markkinoille. Esimerkiksi metsäyhtiöt voivat tehdä tienrakennusmateriaaleja omaan käyttöönsä ilman CE-merkintää. Karkeajakoisia maa-aineksia ei tule viedä maankaatopaikoille loppusijoitukseen vaan ne tulee hyödyntää joko työmaalla tai välivarastoida myöhempää käyttöä varten.

#### **4.6 Moreenilajikkeiden käsittely**

Suomen yleisimmän maalajin moreenin hyötykäyttöä on tutkittu 90-luvulla Tiehallinnon ja silloisen tielaitoksen toimesta ja 2000-luvulla teknologisen tutkimuskeskus VTT:n toimesta. Moreenitutkimuksien yleispäätelmä on, että moreenin hyötykäyttöä on mahdollista lisätä ja sitä tulee lisätä. Moreenin käyttäminen päällys- ja pintarakenteissa vaatii rakenteen suunnittelulta ja toteutukselta huomattavasti enemmän panoksia kuin yleisesti käytössä olevat rakenteet.

Moreenilajikkeita käytetään nykyään maapenkereisiin ja patorakenteisiin. Silttimoreenia ei voi yleensä käyttää penkereissä kuin erityisen suotuisissa ja kuivissa olosuhteissa. Moreenilajikkeille on ominaista, että ne sisältävät runsaasti niin hienoaainesta kuin suurehkoja

kiviäkin. Kuviossa 3. on esitetty moreenilajikkeiden tyyppirakeisuudet. Moreenin käyttökohteiden lisääminen tarkoittaa moreenin rakeisuuden muuttamista. Rakeisuutta voidaan muuttaa seulonnalla, murskauksella, stabiloinnilla sekä lisäämällä siihen muuta kiviainesta.



Kuvio 3. Moreenilajikkeiden tyyppirakeisuudet (Tielaitos, 1993)

Ensisijainen syy moreenilajikkeiden soveltumattomuudessa päällysrakenteisiin on niiden routiminen. Routimisen määräävänä tekijänä voidaan pitää hienoaineksen määrää joka saa olla enintään 9 % (InfraRYL). Lievästi routivia moreenilajikkeita voidaan käyttää rakennekerroksissa, kun estetään vesipitoisuuden nousu rakenteessa, joka aiheuttaa routimisen (Korkiala-Tanttu 2008).

#### 4.6.1 Rakeisuuden muuttaminen

Moreenin rakeisuuden muuttaminen mekaanisesti tarkoittaa

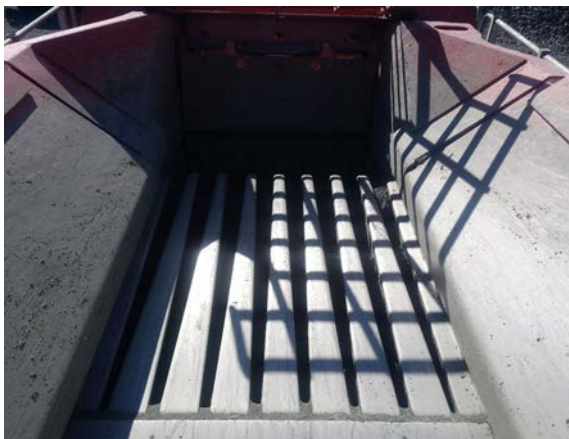
- hienoaineksen vähentämistä seulonnalla,
- maalajin sisältämien kivien murskaamista tai
- sekoittaa siihen ulkopuolista kiviainesta.

Hienoainespitoisuuden ollessa yli 15-25% on ehdotonta käyttää näitä menetelmiä yhdessä suotuisan rakeisuuden saavuttamiseksi. Taulukossa 5. on esitetty murskauskelpoisen moreenin hienoaines- ja kivisuuspitoisuuden kriteerit. Kivisyys prosenttia nostavat kaikki yli 63 mm kivet.

Luokka	Kuvaus	Kivisyys	Hienoainespitoisuus
Luokka I	Murskauskelpoinen moreeni	yli 25 %	alle 13 %
Luokka II	Määrätyin edellytyksin murskauskelpoinen moreeni	yli 15 %	alle 20 %
Luokka III	Moreeni ei murskauskelpoinen moreeni	kivisyys luokkia I ja II pienempi	hienoainespitoisuus luokkia I ja II suurempi

Taulukko 5. Moreenin vaatimukset murskaukseen (Tielaitos, 1993)

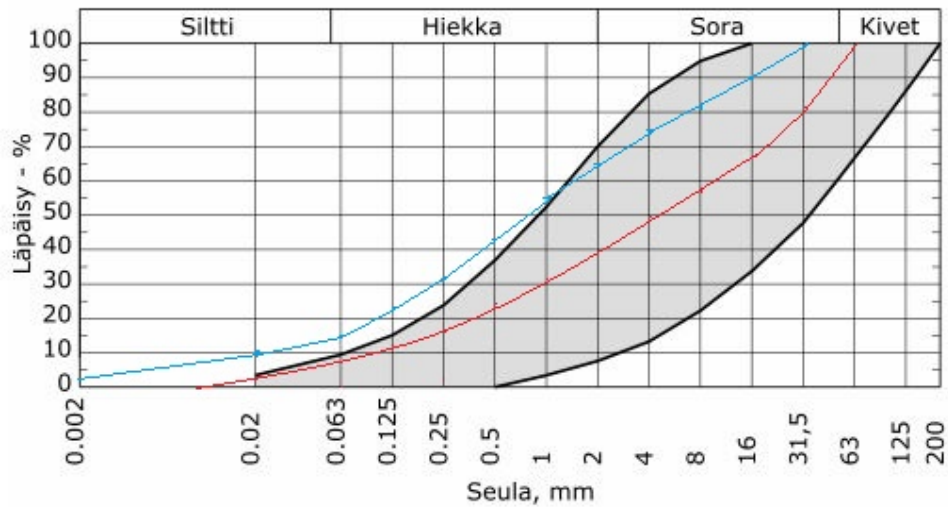
Hienoaineksen vähentäminen ja kivien murskaus on käytännössä mahdollista tehdä yhdessä esimurskauksessa käytettävillä leukamurskaimilla, joissa on mahdollisuus erottaa 0/50 ainesta murskauksen yhteydessä. Tarvittaessa tämä 0/50 lajike voidaan syöttää tasoseulaan, jossa voidaan käyttää noin 20 mm verkkoa. Tasoseulan tulee olla pinta-alaltaan suuri, yli 6 m<sup>2</sup>. Hienoaineksen (0/50) vähentäminen esimurskauksen yhteydessä lisää murskaimen kapasiteettia, mutta erotetun hienoaineksen määrä on pois myös lopputuotteesta. Moreenin murskaus ja seulonta on käytännössä mahdollista toteuttaa vain kesäaikaan, koska moreenin vesipitoisuus saa olla enintään 6% (Tielaitos 1993). Talvella pakkasen takia tukkeutuvat verkot sekä syöttimet holvaantuvat täyteen. Keväällä ja syksyllä vesipitoisuus nousee liian korkeaksi sateiden takia eikä hienoaineksen erottaminen ole mahdollista.



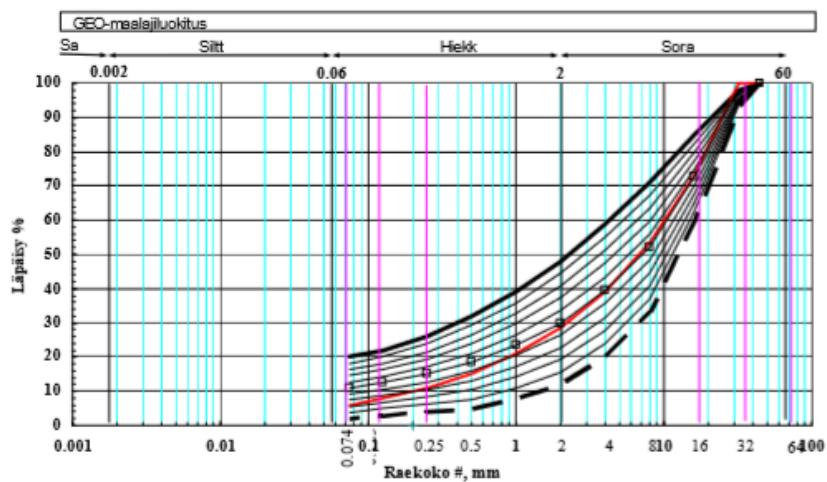
Kuva 3. Terex Finlay J1170, kuva syöttimestä.

Suunniteltaessa moreenin rakeisuuden muuttamista tulee moreenin rakeisuus selvittää huolellisesti ja huomioida eri maaperän kerroksissa tapahtuvat rakeisuusmuutokset. Moreenin tyyppirakeisuuden selvityksen jälkeen verrataan sitä rakennekerroksen ohjekäyriin. Näitä vertailemalla saadaan selvyys moreenin vaatimasta rakeisuusmuutoksesta

(kuvio 4). Kuviossa jakavan kerroksen ohjealue, jossa punainen viiva edustaa soramoreenin rakeisuutta ja sinisen hiekkamoreenin.



Ulkopuolisen hyvälaatuisen kiviaineksen lisääminen moreenin sekaan on käyttökelpoinen toimenpide, kunhan sekoittaminen pystytään tekemään tehokkaasti sekä lopputuotteen sekoitussuhde ei vaihteile. Sekoittaminen on mahdollista tehdä murskaan syöttäessä, aumasekoituksena tai syöttämällä lajikkeita vuorotellen seulaan. Kuviossa 5. on moreeniin sekoitettu kiviainesta, jossa musta viiva edustaa moreenia, katkoviiva kiviainesta ja punainen sekoituksen lopputuotetta. Kuviosta huomataan, miten tehokkaasti kiviaineksen lisäys 20 % hienoainespitoisuuden omaavan moreenin joukkoon laskee lopputuotteen hienoainespitoisuuden reilusti alle 10 %:iin.



Kuvio 5. Moreenin sekoitus kiviainekseen (Korkiala-Tanttu 2008)

Moreenin seulonta ja murskaus suurten kapasiteetin omaavilla murskaussyksiköillä ei ole kustannustehokasta pienillä työmailla, eikä sovellu asutusalueiden läheisyyteen. Nykyään on saatavilla kaivinkoneisiin asennettavia seulonta- ja murskauskauhoja. Näiden kapasiteetti on tietysti huomattavan pieni verrattuna erillisiin yksiköihin, mutta tarjoaa mahdollisuuden suorittaa seulontaa ja murskausta pienissä ja ahtaissa paikoissa suoraan työkohteessa. Kaivinkoneisiin asennettavat murskaimet ovat tarkoitettu etupäässä rakennusjätteen esimerkiksi asfaltin, betonin ja tiilen murskaukseen eivätkä näin ollen sovellu moreenin saatikka louheen murskaukseen. Ylisuurten kivien poistaminen moreenista seulakauhalla on erittäin käyttökelpoinen keino nostaa moreenin hyötykäyttöä. Tasalaatuista moreenia voi käyttää esim. johtokaivantojen täytöissä.



Kuva 3. Putkikaivannon täyttäminen seulakauhalla (multavex)

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää maankaivun seurauksena syntyvien ylijäämämaiden hyötykäytön mahdollisuuksia. Tämän tavoitteen täyttymiseksi perehdyin lainsäädäntöön, asetuksiin, ohjeisiin sekä aiheesta tehtyihin tutkimuksiin. Raportissa olen myös tukeutunut omaan asiantuntemukseeni.

Luonnonmukaisten materiaalien hyödyntämisen kulmakivet ovat suunnitelmallisuus, lajittelu sekä mekaaninen käsittely. Näiden osa-alueiden tehostamiseen tulee kiinnittää huomiota. Massastabiloinnilla voidaan tehokkaasti vähentää hankalasti hyödynnettävien ylijäämämaiden kertymistä.

Ylijäämämaiden sekä rakennuspaikalta löytyvien luonnonmukaisten materiaalien hyödyntäminen korostuu tulevaisuudessa. Näiden maa-ainesten loppusijoittaminen maankaatopaikoille on kestäväntöntä. Rakennushankkeiden tilaajat ja suunnittelijat ovat avainasemassa käytettävien materiaalien valinnassa, hankkeen ylijäämämaiden muodostumisessa ja niiden käytössä. Näiden tahojen tulisi pyrkiä valitsemaan ympäristöä vähemmän kuormittavia toimintatapoja.

Urakoitsijat pyrkivät toteuttamaan hankkeet tilaajan vaatimusten mukaan sekä mahdollisimman kustannustehokkaasti. Infra-alan tulisi yhdessä kehittää selkeämpiä toimintamalleja rakennushankkeissa esiintyvien luonnonmateriaalien hyödyntämiseen.

## LÄHTEET

Allu. Maa-aineksen seulontaa pengerrystä varten. Luettu. 7.5.2018.  
<https://www.allu.net/fi/K%C3%A4ytt%C3%B6kohteet?ProductId=78>

Geologian tutkimuskeskus. Maaperäopas. Luettu 5.5.2018. <http://weppi.gtk.fi/aineis-tot/mp-opas/kuvausjasoveltuvuus.htm>

GTK, Geologian tutkimuskeskus. Hakku-palvelu. Luettu 6.5.2018. <https://hakku.gtk.fi/>

InfraRYL 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. 2009. Rakennustieto Oy

Korkiala-Tanttu, L., Törnqvist, J., Lehmus, E. 2008. Moreeni tehokäyttöön.

Liikennevirasto. Opas. 13.6.2013. Rakennustuotteiden CE-merkintä.

Multavex. Esimerkkejä käyttökohteista. <https://www.multavex.fi/kayttokohteet/>

Myllykoski, J. 2014. Geotekniikka – Maaluokituksesta geoteknisen suunnittelun perusteisiin.

Nurminen, S. 5.10.2017. Maankaatopaikkojen valvonta ja ylijäämämaat

Ronkainen, N. 2012. Suomen maalajien ominaisuuksia. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut>

Tielaitos. 1993. Moreenin jalostaminen. Tielaitoksen selvityksiä 77/1993

Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston muistio 3.7.2015. Kaivetut maa-ainekset